

## 1 Einleitung / Motivation

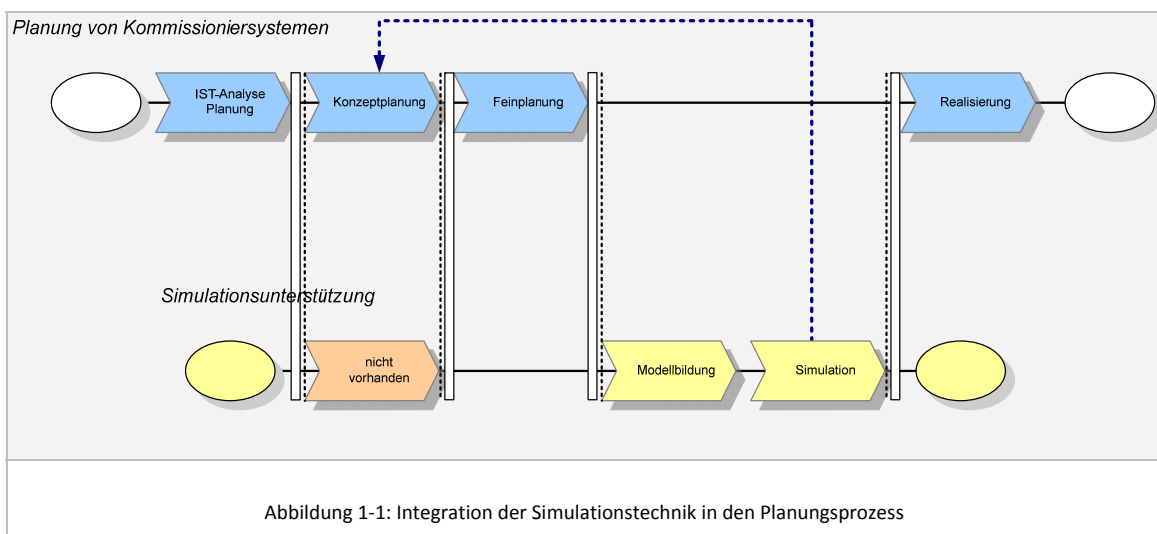
Der logistische Brennpunkt der Kommissionierung unterliegt seit Jahren dem Trend der zunehmenden Komplexität. Waren vor 20 Jahren durch einen Logistikplaner noch ca. fünf wesentliche Systemvarianten für die Gestaltung zu betrachten und zu bewerten, so ist die Technikvielfalt in den letzten Jahren regelrecht explodiert.

Darüber hinaus sind die aktuellen Technikvarianten bzgl. ihres ablauftechnischen Verhaltens wesentlich komplexer und ein heterogen strukturiertes Gesamtsystem bestehend aus verschiedenen Techniksystemen dynamischer bzgl. des Verhaltens und der gegenseitigen Wechselwirkungen.

Serielle und parallele Anordnungen von Teilsystemen eines Kommissioniersystems führen in realen Kommissioniersystemen zu einer zunehmenden Relevanz des Wissens über das dynamische Verhalten des Systems bereits in der Konzeptplanungsphase. Die Gestaltung und Dimensionierung von Zusammenführungsbereichen als Bindeglied zwischen parallel verknüpften Teilsystemen, die Dimensionierung von gegebenenfalls notwendigen Pufferbereichen zwischen seriell verknüpften Teilsystemen und ein optimaler Einsatz von Ressourcen sind planungsrelevante Fragestellungen, die mittels des durch statische Berechnungsverfahren dominierten Planungsprozesses für heterogen strukturierte Kommissioniersysteme nicht hinreichend genau beantwortet werden können.

Diese zunehmende Komplexität und Dynamik der zu planenden Systemvarianten wird sich auch in der Zukunft weiter fortsetzen, so dass der durch statische Berechnungsmethoden dominierte Planungsprozess in der heutigen Form bezüglich Qualität und Effizienz an seine Grenzen stößt.

Um der Komplexität und Dynamik Herr zu werden, bietet sich die Simulationstechnik an. Diese kommt heute in der Regel überwiegend in der Feinplanungsphase zur Validierung einer ausgewählten Vorzugsvariante zum Einsatz, mit dem Nachteil, dass die eigentliche Systementscheidung bereits in der Konzeptplanungsphase ohne Simulationsunterstützung gefallen ist. Folgende Abbildung zeigt die heutige Situation bzgl. der Integration der Simulationstechnik in den Planungsprozess:



Die Potenziale einer Nutzung der Simulation bereits in der **Konzept**planungsphase bestehen insbesondere in:

- einem besseren Verständnis bezüglich des dynamischen Systemverhaltens sowohl auf Planer-Seite als auch auf Kunden-/ Betreiber-Seite und damit einer Erhöhung der Planungsqualität und Transparenz,
- kürzeren Feedbackschleifen zwischen Planungsergebnis und Simulationsergebnis/-validierung, da Erkenntnisse über das dynamische Systemverhalten und evtl. Schwachstellen der Varianten früher offensichtlich werden,
- der Untersuchung einer größeren Anzahl von Technik- und System-Varianten mit überschaubarem Aufwand,
- der Untersuchung von aufbau- und ablauforganisatorischen Varianten mit angemessenem Aufwand und
- einer durchgängigen Berücksichtigung der Belange der Simulation in jeder Planungsphase (dadurch Aufwand in Summe geringer im Vergleich zur späteren Integration).

Durch eine Simulationsunterstützung in der Konzeptplanungsphase wird der Planer in die Lage versetzt, auch komplexere Modellvarianten transparent und effizient zu modellieren, zu dimensionieren, zu untersuchen und zu bewerten.

• • •

## 6.5.1.2 Modellierungsparadigma

Zur Modellierung von heterogen strukturierten Kommissioniersystemen durch den Planer wurde ein Modellierungsparadigma entwickelt, welches eine Grundstruktur für die Modellierung und Beschreibung von Kommissioniersystemen vorgibt und dem Planer seine ihm bekannten Techniken und Organisationsformen bereitstellt.

Hierfür wurden die praxisrelevanten und technisch sinnvollen Systeme bereits im Rahmen des AiF-Forschungsprojektes „simulationsgestützte Grobplanung von Kommissioniersystemen“ (vgl. /VUIb07/) bezüglich ihrer Struktur analysiert. Das Paradigma beinhaltet auf einer übergeordneten Ebene vier verschiedene Topologie-Bereiche, welche die Grundfunktionen in heterogen strukturierten Kommissioniersystemen repräsentieren, sowie je Topologie-Bereich die hierarchisch gegliederten Ebenen Bereich, Baustein und Zone (vgl. Abbildung 6-4: hierarchische Ebenen der Modellierung).

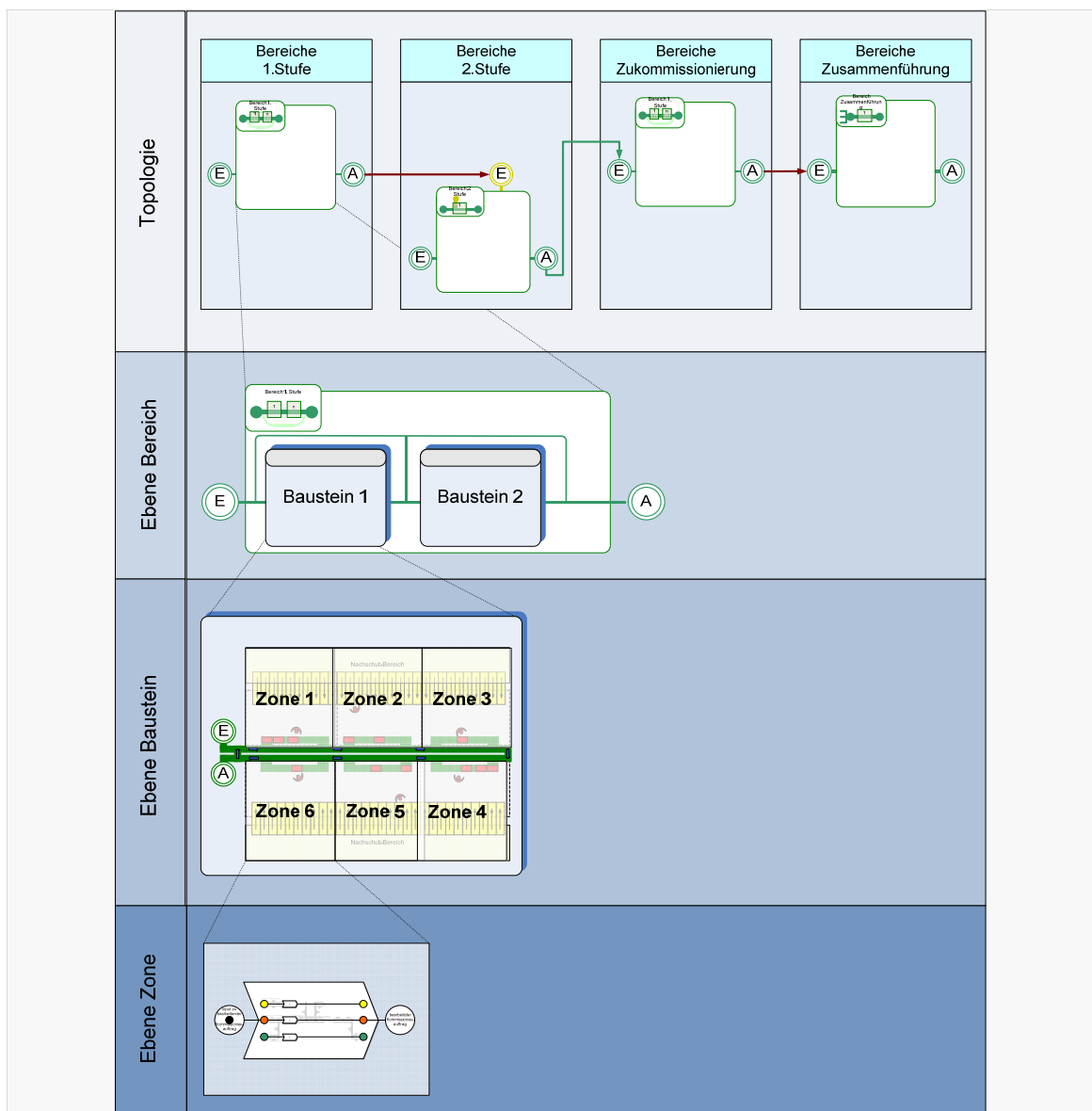


Abbildung 6-4: hierarchische Ebenen der Modellierung

### **Topologie-Ebene**

Die Topologie-Ebene wurde entwickelt, um eine standardisierte übergeordnete Struktur für die Modellierung der verschiedenen Grundfunktionen in heterogen strukturierten Kommissioniersystemen zu ermöglichen. Die vier Spalten repräsentieren die folgenden Funktionen:

- **1. Stufe:** Zur Modellierung von Kommissionierbereichen, die in Form konventioneller auftragsorientierter Kommissionierung (einstufige Kommissionierung) arbeiten oder Kommissionierbereichen, die artikelorientiert arbeiten um eine zweite Stufe zu versorgen.
- **2. Stufe:** Zur Modellierung von Kommissionierbereichen, die auftragsorientiert als zweite Kommissionierstufe aus Bereitstellbehältern aus einem Bereich der 1.Stufe kommissionieren.
- **Zukommissionieren:** Zur Modellierung von nachgeschalteten Kommissionierbereichen, in denen Ware in bereits im Topologiebereich der ersten oder zweiten Stufe bearbeitete Kommissionierbehälter hinzu kommissioniert wird.
- **Zusammenführung und Verpackung:** Bestandteil jedes modellierten Kommissioniersystems. Führt Teilaufträge zusammen zum Lieferauftrag.

Interessanterweise lassen sich durch diese recht übersichtliche Einteilung in vier seriell verknüpfte Topologiebereiche alle sinnvollen heterogen strukturierten Kommissioniersysteme abbilden. Des Weiteren durchläuft ein Kommissionierauftrag in den praxisrelevanten und technisch sinnvollen heterogen strukturierten Kommissioniersystemen die Topologie-Bereiche immer seriell in der oben dargestellten Reihenfolge.

### **Bereichs-Ebene**

In jedem der Topologiebereiche können jeweils beliebig viele Bereiche modelliert werden. Die Bereiche haben als gruppierende Elemente oberhalb der Bausteine die folgenden Funktionen:

- Gruppieren von in einem Topologiebereich seriell angeordneten Bausteinen.
- Separierung von parallel angeordneten Bausteinen innerhalb eines Topologie-Bereiches.
- Definition von Bereichen für die Auftragseinlastung: die Einlastung von Aufträgen erfolgt immer bereichsbezogen am Eingang des Bereiches.
- Transparente Modellierung des Modellverhaltens bzgl. Serienbildung und Serienauflösung. Eine Serie wird immer am Eingang eines Bereiches gebildet und am Ausgang des Bereiches aufgelöst. Das heißt, einen Bereich verlassen immer einzelne Auftragsbehälter.
- Innerhalb eines Bereiches ist die definierte Seriengröße in allen Bausteinen gleich. Das heißt die Anzahl der maximal in einem Serienauftrag gleichzeitig zu bearbeitenden Behälteraufträge ist konstant. Der Bereich kann damit auch als Objekt mit gleichartiger Transporteinheit (TE) für die Auftragsbehälter angesehen werden. Die auf einer Transporteinheit zusammengefasste Serie durchläuft die Bausteine eines Bereiches in serieller Reihenfolge und gleichbleibender Zusammenstellung.

### **Baustein-Ebene**

In einem Bereich können, je nach Topologiebereich, ein oder mehrere Bausteine modelliert werden. Werden mehrere Bausteine zum Beispiel in einem Bereich der ersten Stufe modelliert, so werden die Bausteine innerhalb des Bereiches seriell miteinander verknüpft und von den Transporteinheiten der Serien nacheinander durchlaufen.

Bausteine sind die kleinsten für den Planer verfügbaren Modellierungselemente. Ein Baustein beschreibt einen Bereich des Kommissioniersystems mit gleicher Technik und Organisationsform, wie zum Beispiel ein Fachbodenregal aus dem auftragsorientiert kommissioniert wird.

Die definierten Auftrags- und Artikelgruppen (vgl. Kapitel 6.5.3.1 Definieren von Auftrags- und Artikelgruppen) werden jeweils den Bausteinen zugeordnet. Als wesentliches Unterscheidungsmerkmal der Bausteintypen untereinander wurden, angelehnt an Gudehus (vgl. /Gude07/), die sechs möglichen Fälle, wie sich Bereitstellereinheit, Kommissionierer und Auftragsablage für den Kommissioniervorgang zueinander verhalten, zugrunde gelegt (vgl. auch Kapitel 3.2 Klassifizierung und Beschreibung). Davon abgeleitet wurden die folgenden Bausteintypen mit den für einen Planer von Kommissioniersystemen anschaulichen Bezeichnungen:

- Typ 1: konventionelles Kommissionieren mit statischer Artikelbereitstellung
- Typ 2: Zone-Picking mit statischer Artikelbereitstellung
- Typ 3: Bedienstation mit dynamischer Bereitstellung
- Typ 4: Inverses Kommissionieren mit dynamischer Bereitstellung
- Typ 5: Integrierte Systeme
- Typ 6: Zusammenführung und Verpackung

Für die Modellierung wurden in der Planungsumgebung für jeden Typ die praxisrelevanten Verwirklichungsformen als vordefinierte Bausteinvorlagen (sog. Templates) für eine effiziente Modellierung hinterlegt. Eine detaillierte Beschreibung der Bausteine und Verwirklichungsformen erfolgt im Kapitel 6.5.2.

### **Zonen-Ebene**

Ein Baustein kann je nach Typ aus einer oder mehreren Zonen bestehen, wobei alle Zonen eines Bausteins immer eine homogene Technik und Organisation aufweisen. Der eigentliche Kommissionierprozess findet innerhalb einer Zone statt. Die Zonen eines Bausteins sind durch ein manuelles oder automatisches Transportsystem verbunden. Die Prozesse die in den Zonen der definierten Bausteintypen stattfinden sind ebenfalls im folgenden Kapitel näher beschrieben.

### **Modellierungsrestriktionen und Regeln**

Um zu gewährleisten, dass das vom Planer modellierte Kommissioniersystem auch ein logisch funktionierendes, eindeutiges und simulierbares System darstellt ist ein wesentlicher Bestandteil des Modellierungsparadigmas die Definition von Modellierungs-Restriktionen für die Bereiche und Bausteine. Diese ergeben sich

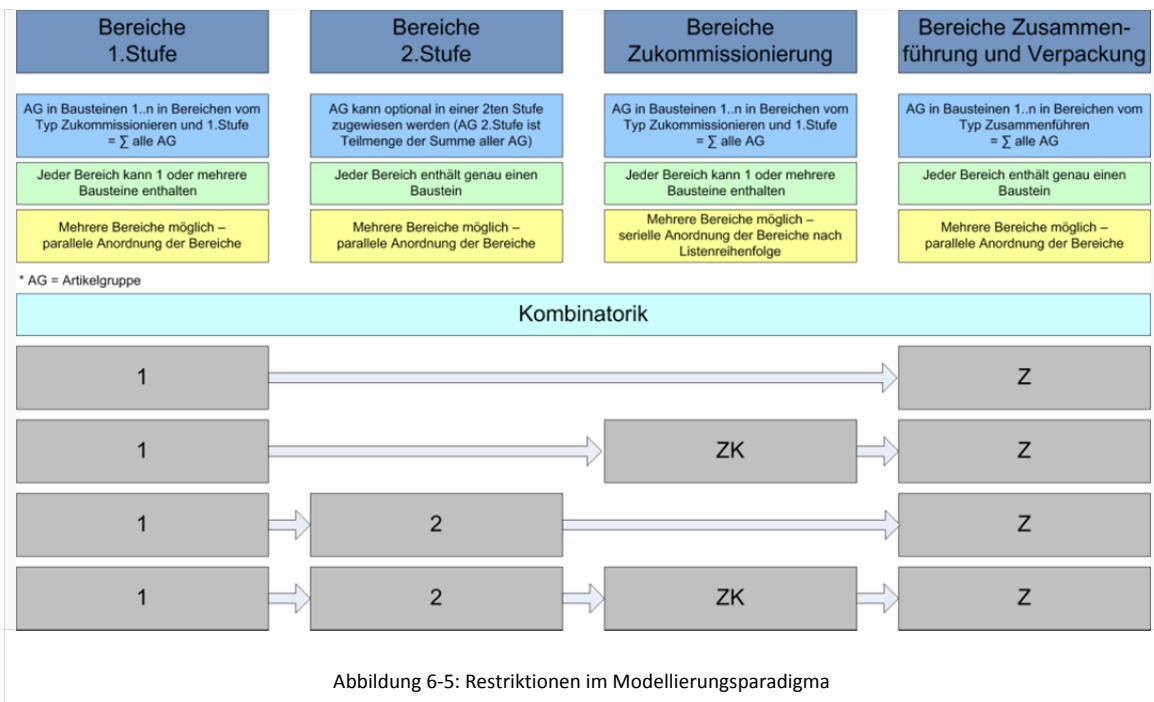
bezüglich folgender Aspekte:

- Zuweisung von Auftrags- und Artikelgruppen zu den Bausteinen der Bereiche:  
Wurde eine Artikelgruppe bereits einem Baustein im Bereich der ersten Kommissionierstufe zugewiesen, so kann sie nicht mehr einem Baustein im Bereich des Zukommissionierens zugewiesen werden. Des Weiteren kann beispielsweise eine Artikelgruppe nur dann zweistufig kommissioniert werden, wenn diese sowohl einem Baustein der ersten Stufe als auch einem Baustein der zweiten Stufe zugewiesen wird.
- Anzahl Bausteine pro Bereich:  
Je nach Funktionsbereich darf ein Bereich beliebig viele oder nur einen Baustein enthalten. Im Bereich der zweiten Kommissionierstufe kann z.B. nur jeweils ein Baustein pro Bereich modelliert werden, da eine serielle Verschaltung mehrerer zweiter Kommissionierstufen innerhalb eines Bereiches keinen Sinn ergeben würde.

Entsprechend dem entwickelten Modellierungsparadigma werden mehrere in einem Topologiebereich modellierte Bereiche in Abhängigkeit des Topologiebereiches unterschiedlich im Gesamtmodell verschaltet.

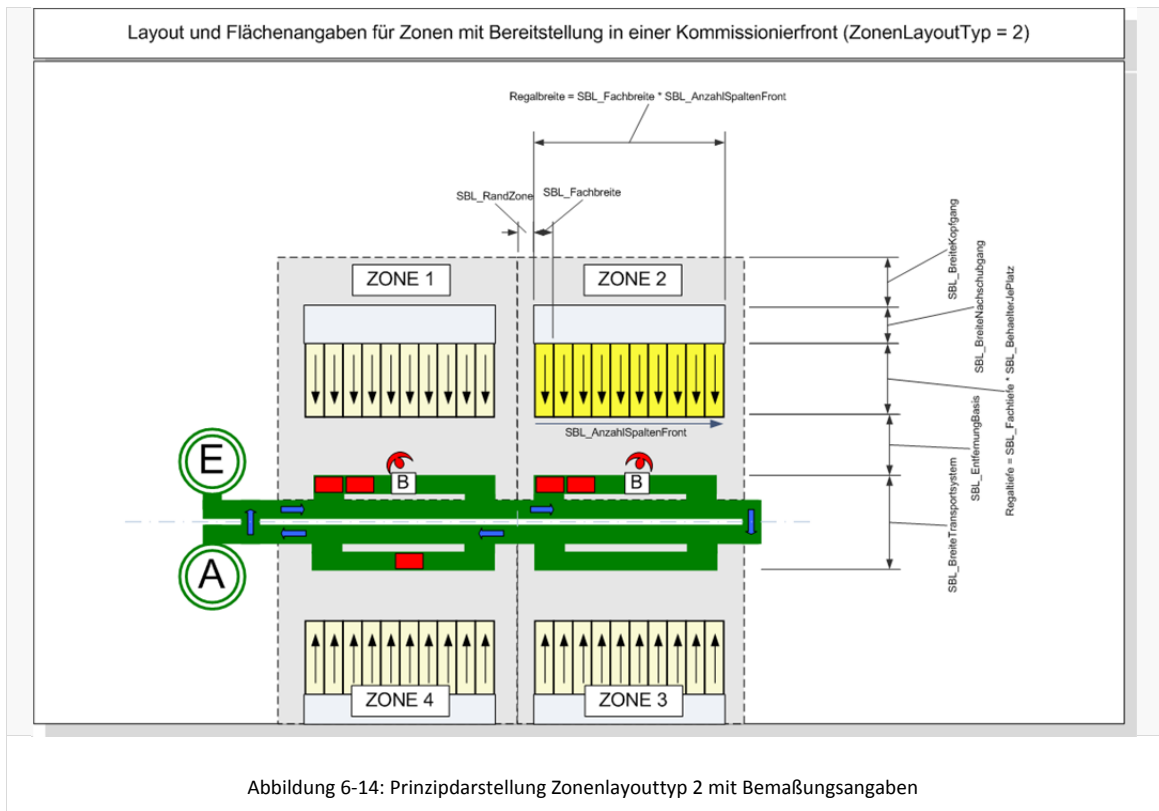
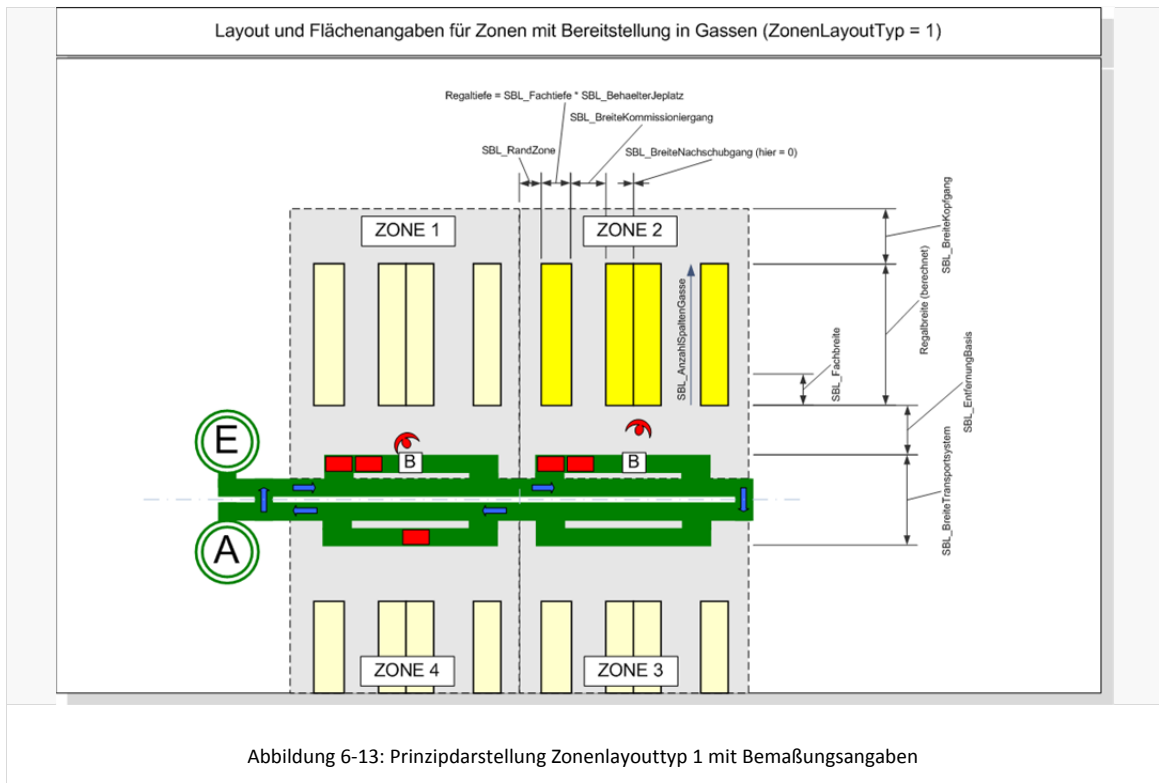
Im Topologiebereich der ersten und zweiten Stufe führt die Modellierung mehrerer Bereiche zu einer parallelen Bearbeitung und Anordnung im Gesamtmodell. Im Bereich des Zukommissionierens werden alle modellierten Bereiche seriell verschaltet, da je nach Auftragszusammensetzung ein Auftrag im Extremfall in allen Bereichen des Zukommissionierens bearbeitet werden muss. Im Bereich der Zusammenführung wird durch die Modellierung mehrerer Bereiche erreicht, dass nicht der gesamte Lieferauftrag zusammengeführt wird, sondern nur die Positionen mit den dem Baustein/Bereich zugewiesenen Artikelgruppen.

Folgende Abbildung zeigt eine Übersicht über die je Funktionsbereich und modellweit definierten Regeln sowie die kombinatorischen Modellierungsoptionen unter Berücksichtigung der Funktionsbereiche:



• • •





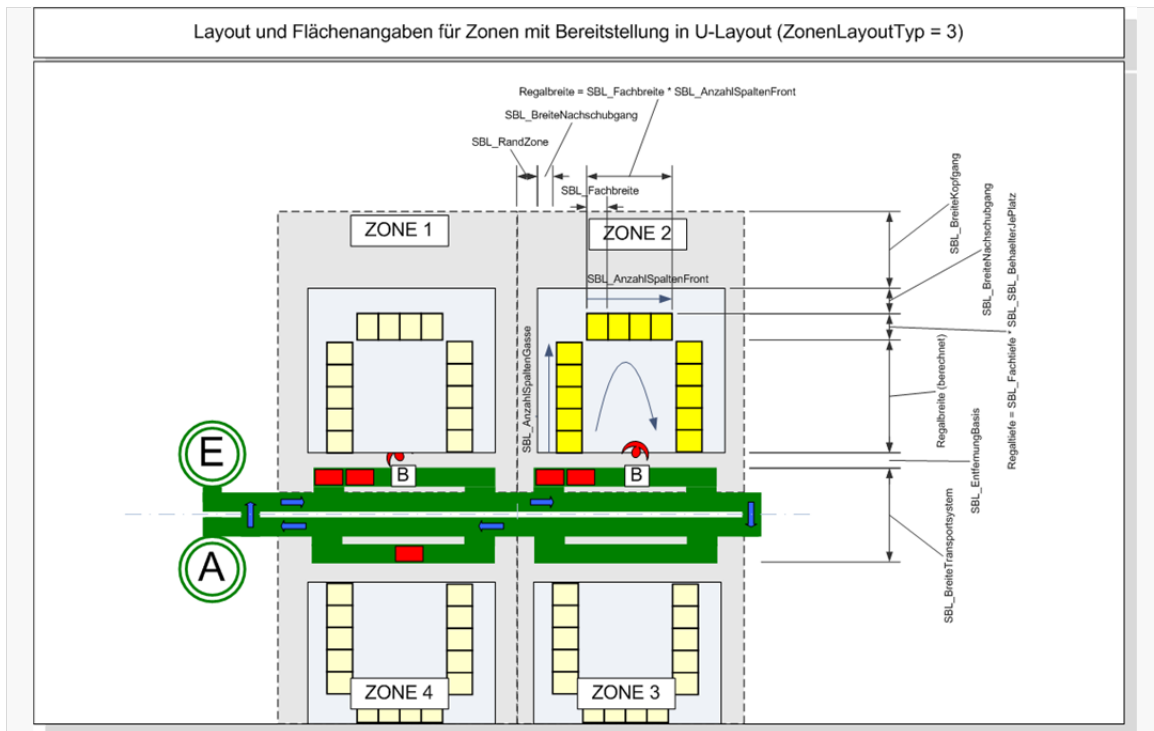


Abbildung 6-15: Prinzipdarstellung Zonenlayouttyp 3 mit Bemaßungsangaben

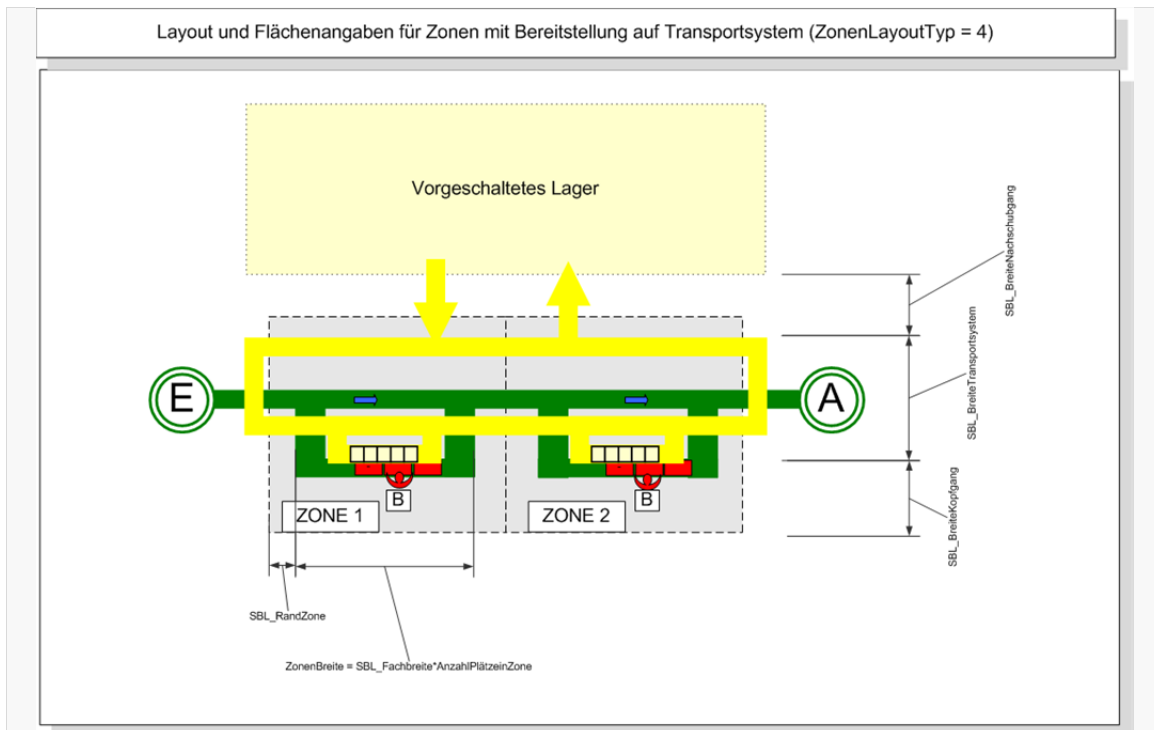


Abbildung 6-16: Prinzipdarstellung Zonenlayouttyp 4 mit Bemaßungsangaben

Nach der Auswahl des Zonenlayout-Typs erfolgt die eigentliche Dimensionierung des Bereitstellagers je Zone mit seinen Gassen, Spalten und Zeilen sowie den Fachabmessungen. Die Fachabmessungen (Fachbreite, Fachtiefe, Fachhöhe) bezeichnen die absoluten Abmessungen eines Lagerplatzes für die Lagerung einer Bereitstelleinheit, inklusive eventuell benötigter Regalsteher, Traversen und Freimaße. Prinzipiell existiert ein Zusammenhang zwischen den verwendeten Bereitstellbehältern und den Fachabmessungen. Es wurde im Rahmen der entwickelten Planungsumgebung jedoch bewusst keine automatische Festlegung der Fachabmessungen, basierend auf dem gewählten Bereitstellbehälter, realisiert, um die Flexibilität bei der Dimensionierung auf Planerseite nicht einzuschränken.

Über eine Angabe der Behälter je Platz können auch mehrfachtiefe Lagersysteme, wie zum Beispiel Durchlaufregale abgebildet werden.

Auf dem **Reiter Kommissionierbehälter** (vgl. 0, Abbildung II-9) werden alle Parameter für die Dimensionierung des Transportsystems für die Transporteinheiten (TE) der Serien und ein ggf. vorhandenes Lagersystem für Kommissionierbehälter zusammengefasst.

### **Dimensionierung Transportsystem**

Neben einem Bereitstelllager und einem Transportsystem für Bereitstelleinheiten kann ein Kommissioniersystem-Baustein auch ein Transportsystem für Transporteinheiten enthalten. Dies ist zum Beispiel in klassischen Zone-Picking-Systemen der Fall, bei denen die Transporteinheiten von Zone zu Zone über eine Fördertechnik weitergereicht werden. Bei einer modellierten Seriengröße 1 kann auch die Transporteinheit gleich dem Kommissionierbehälter sein, wobei in der Planungsumgebung dann eine Transporteinheit mit gleichen Eigenschaften wie der Kommissionierbehälter modelliert wird. Ansonsten beschreibt die Transporteinheit das Hilfsmittel, auf dem die Kommissionierbehälter einer Serie transportiert werden, wie zum Beispiel ein Transportwagen.

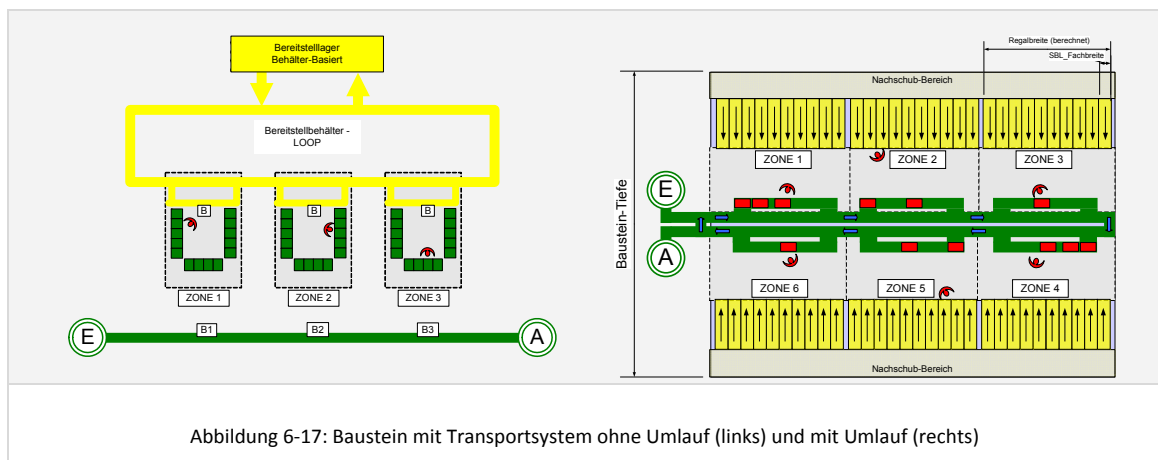
Am Bausteineingang befindet sich ein *TE-Bausteinpuffer*. Dieser hat die Aufgabe, Transporteinheiten aus vorgeschalteten Bausteinen oder vom Bereichseingang aufzunehmen und zu puffern, falls das Transportsystem selbst oder die Zonen des Bausteins keine Transporteinheiten mehr aufnehmen können. Die Kapazität des Puffers kann durch den Planer hier eingestellt werden. Das Transportsystem kann entweder manuell oder automatisch realisiert sein. Im Falle des manuellen Transportes erfolgt die Weiterleitung zur nächsten Zone durch den jeweiligen Kommissionierer nach Abschluss des Bearbeitungsauftrages. Hierfür wird die 2-fache Zonenwechselzeit als Wartezeit für den Kommissionierer in Form von Basiszeit berücksichtigt.

Ein weiterer Parameter zur Spezifizierung des Transportsystems für die Transporteinheiten unterscheidet ein System, welches als **Linie ohne Umlauf** gestaltet ist von einem System, welches als **Loop mit Umlauf** gestaltet ist.

Die Variante *Linie ohne Umlauf* hat die Eigenschaft, dass die Transporteinheiten die Zonen des Bausteins entsprechend ihrer seriellen Anordnung nacheinander anfahren müssen. Ein Auslassen von überlasteten Zonen und späteres Anfahren ist nicht möglich. Diese Form findet man häufig bei einfachen manuellen Kommissioniersystemen, bei denen die Transporteinheiten jeweils manuell zur nächsten Zone weitergereicht werden. Des Weiteren wird diese Anordnung verwendet bei Bausteintypen mit

dynamischer Bereitstellung, wie z.B. Baustein Typ 3 und 4. Hier existiert aufgrund der dynamischen Bereitstellung keine feste Zuordnung zwischen der Transporteinheit/Serie und den anzufahrenden Zonen im Baustein. Die Serie fährt die beliebige nächste freie Zone an und wird auch in dieser Zone komplett kommissioniert.

Die Variante *Loop mit Umlauf* hat die Eigenschaft, dass Transporteinheiten/Serien beim Passieren jeder Zone aufgrund diverser Kriterien entscheiden können, ob die Zone jetzt oder später angefahren wird. Eine Zone würde zum Beispiel nicht angefahren werden, wenn der Puffer für die Transporteinheiten voll ist oder wenn für diese Zone noch aktive Serien aus einem älteren Batch im Baustein unterwegs sind, welche demnach eine höhere Dringlichkeit aufweisen. Diese Variante findet man beispielsweise häufig in automatisierten Zone-Picking-Systemen.



Unabhängig davon, ob ein manuelles oder automatisches Transportsystem für die Transporteinheiten der Serien definiert wurde, ist noch die **Anzahl Plätze in der Zone** zu spezifizieren. Diese definiert die Pufferkapazität für Transporteinheiten, welche innerhalb der Zone auf eine Bearbeitung warten. Diese kann auch bei Systemen mit manuellem Transportsystem, durch nur begrenzt zur Verfügung stehende Flächen an den Basen der Zonen des Bausteins, limitiert sein.

### **Dimensionierung des Lagersystems für die Kommissionierbehälter der Serien**

Ein statisches Bereitstelllager für Kommissionierbehälter existiert nur bei Bausteinen vom Typ 3 und 4. Die Dimensionierung des Lagers orientiert sich bzgl. der benötigten Kapazität an der für den Bereich spezifizierten Seriengröße. Beim Typ 3 (Bedienstation mit dynamischer Bereitstellung) und Typ 4 (inverses Kommissionieren mit dynamischer Bereitstellung) wird mit der Seriengröße im Bereich festgelegt, wie viele Kommissionierbehälter je Zone bereitgestellt werden sollen. An einer Bedienstation (Typ 3) können beispielsweise für eine Serie von 4 Auftragsbehälter gleichzeitig die benötigten Bereitstellbehälter aus dem dynamischen Bereitstelllager angefordert werden und damit durch eine optimale Serienbildung mehrere gleiche Positionen aus einer Bereitstellereinheit kommissioniert werden. Bei Typ 4 in Kombination mit dem Zonenlayout-Typ 3 umfasst die Serie beispielsweise alle Kommissionierbehälter, die gleichzeitig in einem Kommissionier-U für die inverse Kommissionierung bereitgestellt werden. In diesem Bereich wird aktuell immer von einer chaotischen Lagerbelegung ausgegangen. Der Parametersatz für die Dimensionierung beinhaltet im Wesentlichen

• • •

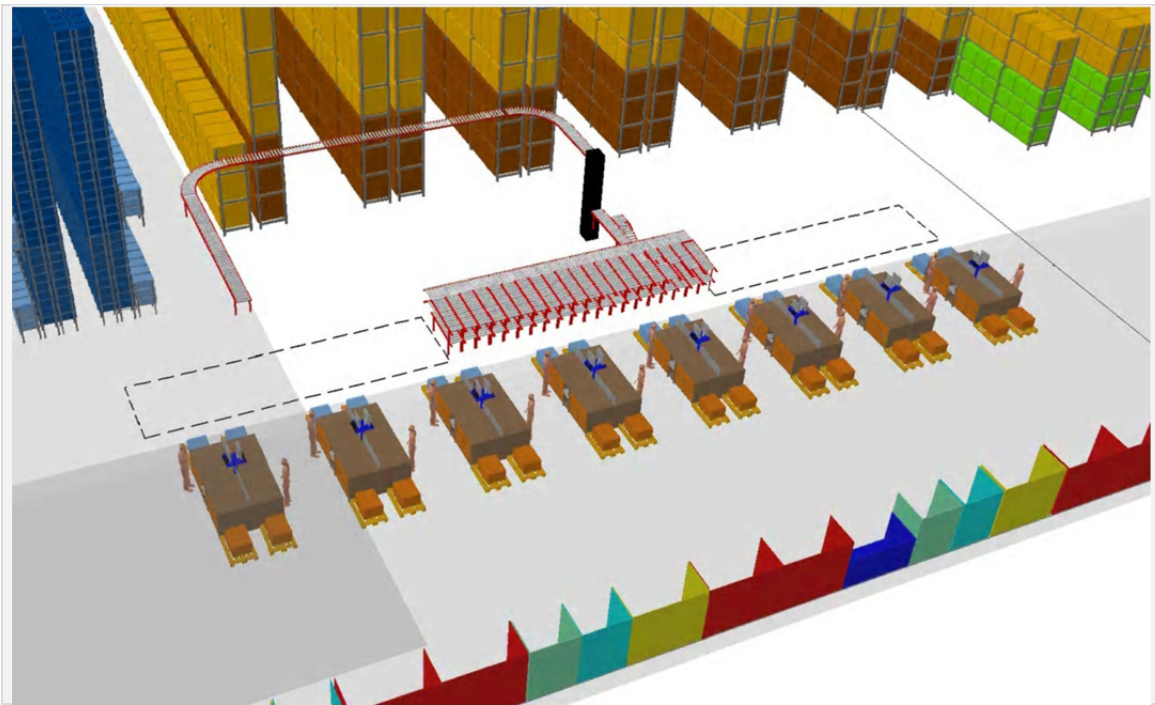


Abbildung 8-14: Detailansicht Zusammenführungsbereich 3D

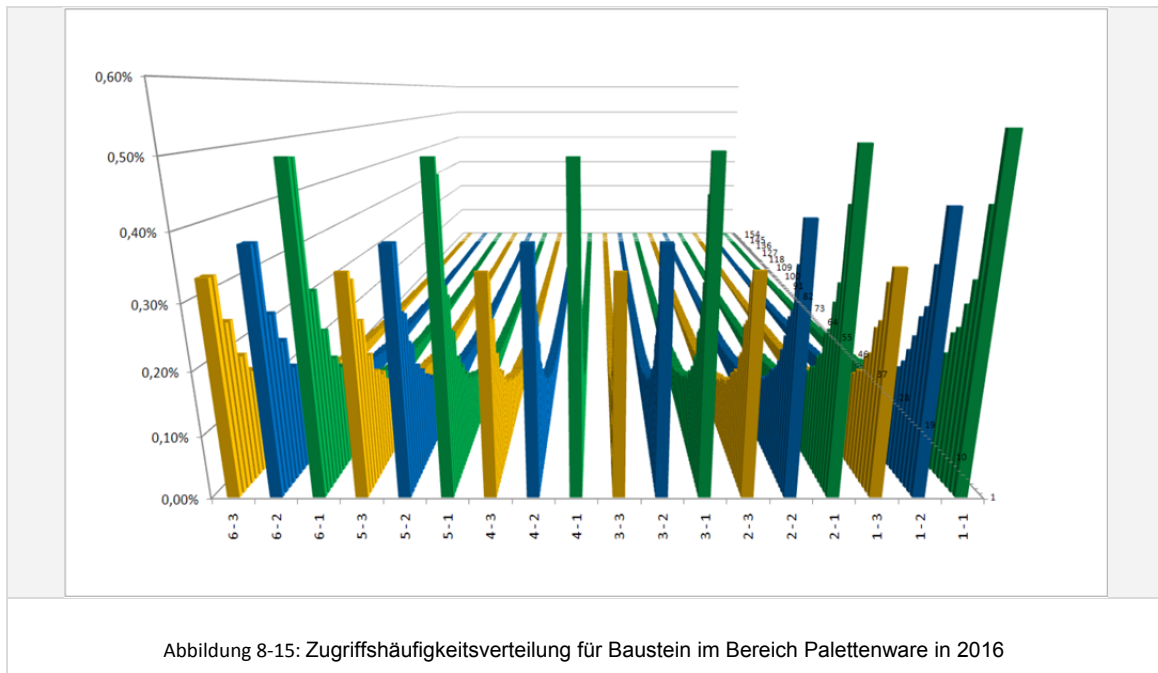
Abgebildet wurde der hier gezeigte Zusammenführungsbereich als Baustein mit je einer Zone je Verpackungsarbeitsplatz – also hier 16 Zonen, wobei in jeder Zone parallel maximal ein Mitarbeiter arbeiten kann.

Dieser Baustein gibt im Rahmen der simulationsgestützten Planung Aufschluss darüber, wie viele kommissionierte Paletten aus dem Palettenlager und wie viele Behälter aus den beiden AKL-Ebenen im Maximum vor der Verpackung gepuffert werden müssen. Über diesen Baustein kann im Rahmen der Simulation also die notwendige Größe und Kapazität der zukünftigen Zusammenführungsbereiches ermittelt werden, was durch analytische Methoden nicht hinreichend genau durchführbar ist. Darüber hinaus ist es durch die simulationsgestützte Planungsumgebung möglich, die benötigte Anzahl von Verpackungsarbeitsplätzen zu ermitteln.

#### 8.4.2.2 Lagerspiegel generieren (vgl. Kapitel 6.5.3.4)

Durch Klicken auf das entsprechende Element in der Windowsapplikation wird die Generierung der Lagerspiegel für die modellierten Bereitstelllager angestoßen. Die den jeweiligen Bausteinen 1 bis 4 über die Artikelgruppe zugeordneten Artikel werden gemäß der eingestellten Strategie auf die verfügbaren Kommissionierplätze verteilt.

Im Bereich der Kommissionierung von normaler Palettenware wurden Artikel mit hoher Zugriffshäufigkeit möglichst nahe am Verpackungsbereich positioniert. Folgende Abbildung zeigt am Beispiel des Bausteins im Bereich Palettenware die Ergebnisse der in die Datenbank geschriebenen Lagerspiegelgenerierung. Hier ist die prozentuale Verteilung der Zugriffshäufigkeit der gelagerten Artikel mit Blick auf die insgesamt 6 Gassen dargestellt. Die farblich differenzierten Reihen repräsentieren die drei verschiedenen Regalebenen, aus denen kommissioniert wird.



Man erkennt, dass der Algorithmus zur Lagerspiegelgenerierung die Artikel ordnungsgemäß entsprechend der Zugriffshäufigkeit auf die Lagerplätze verteilt. Die oberen Ebenen im Palettenregal (gelb und blau dargestellt) haben hierbei geringere Zugriffshäufigkeiten als Plätze auf der jeweiligen untersten Ebene (grün dargestellt).

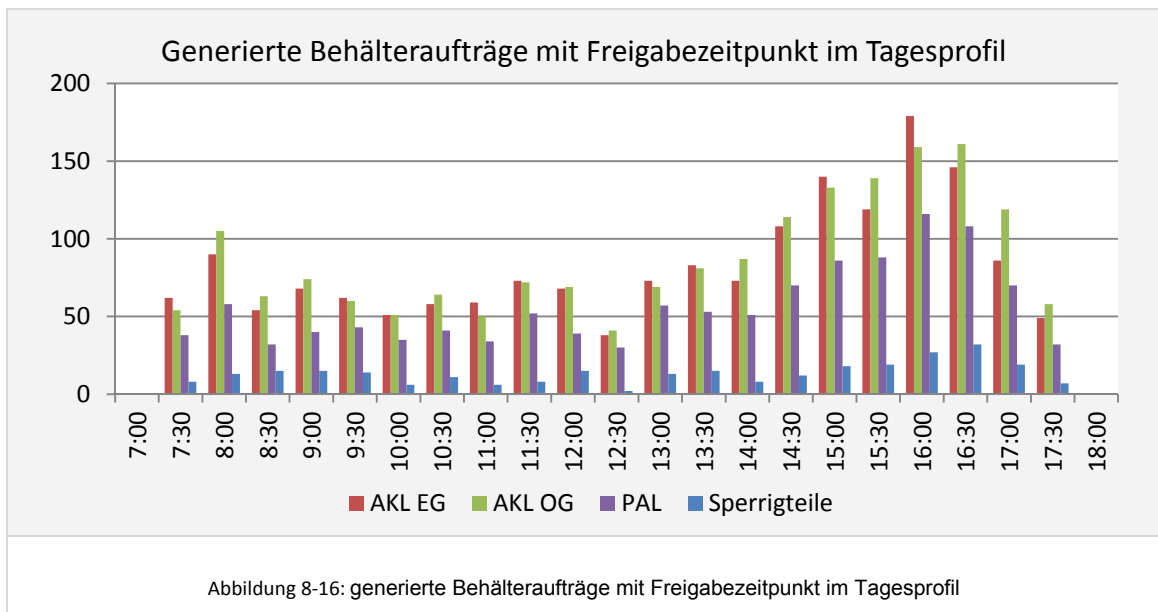
In den Bausteinen des AKL und der Sperrigware erfolgte die Artikel-Platz-Zuordnung analog zum Palettenlager in Abhängigkeit der hinterlegten relativen Zugriffshäufigkeit.

#### 8.4.2.3 Modellspezifische Lastgenerierung (vgl. Kapitel 6.6)

Nach erfolgter Lagerspiegelgenerierung werden im nächsten Schritt durch Klicken auf die entsprechenden Felder in der Windowsapplikation die Funktionen zur Generierung der Behälteraufträge, der Batchbildung, der Serienbildung, der Generierung der Zusammenführungsaufträge und Berechnung der Kommissionierzeiten der Reihe nach durch den Planer angestoßen.

##### **Generieren der Behälteraufträge (vgl. Kapitel 6.6.1)**

Folgende Diagramme zeigen die Ergebnisse der beispielhaft ausgewerteten, generierten Behälteraufträge unter Berücksichtigung der Freigabezeitpunkte im Tagesverlauf:



Nicht dargestellt sind aus Gründen der Übersichtlichkeit die Behälteraufträge welche aus den bereits um 00:00 Uhr vorliegenden Lieferaufträgen resultieren. Neben dem Auftragseingangsprofil ist in obigem Diagramm auch die anteilige Lastverteilung auf die verschiedenen Bausteine zu erkennen.

### **Batchbildung und Serienbildung (vgl. Kapitel 6.6.2 und 6.6.3)**

Für die Zusammenfassung von Behältern zu Serien wurde die Strategie der lokalen Batchbildung eingestellt. Folgende Abbildung zeigt eine Tabelle mit den eingestellten Batch- und Seriengrößen sowie – als Ergebnis der Batch- und Serienbildung – die Anzahl der Lieferauftragspositionen die im Minimum, im Mittel und im Maximum in den Bereichen zu einer Serie zusammengefasst wurden und demnach auch innerhalb eines Bearbeitungszyklus des Kommissionierers bearbeitet werden:

Bereich	definierte Batchgröße	definierte Seriengröße	Lieferauftragspositionen pro Serie		
			Min.	Mittelwert	Max.
Sperrigware	2	2	1	2,16	4
AKL EG	12	6	4	11,40	25
AKL OG	12	6	6	10,84	23
Palettenware	4	4	1	5,67	14

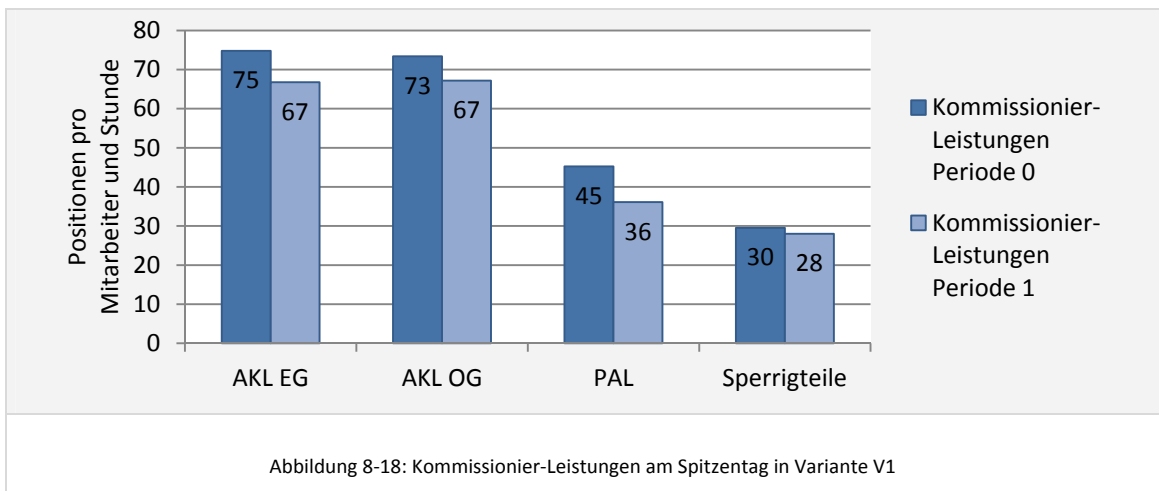
Abbildung 8-17: Batch und Seriengrößen in Variante V1

In den Bereichen AKL EG und OG wurde die Batchgröße bewusst klein gewählt, um eine Einlastung der Lieferaufträge zeitnah zum Auftragseingang zu gewährleisten. In den Bereichen Palettenware und Sperrigware wurde die Batchgröße gleich der Seriengröße modelliert. Dies hat den Effekt, dass de facto keine Optimierung erfolgt und die Behälter, sobald die definierte Seriengröße erreicht ist, direkt eingelastet werden. Diese Modellierung wurde gewählt, da die Last im Bereich Palettenware und im Bereich Sperrigware relativ gering ist. Größere Batches würden hier zu unregelmäßig auftretenden Lastspitzen auf der Einlastungsseite führen.



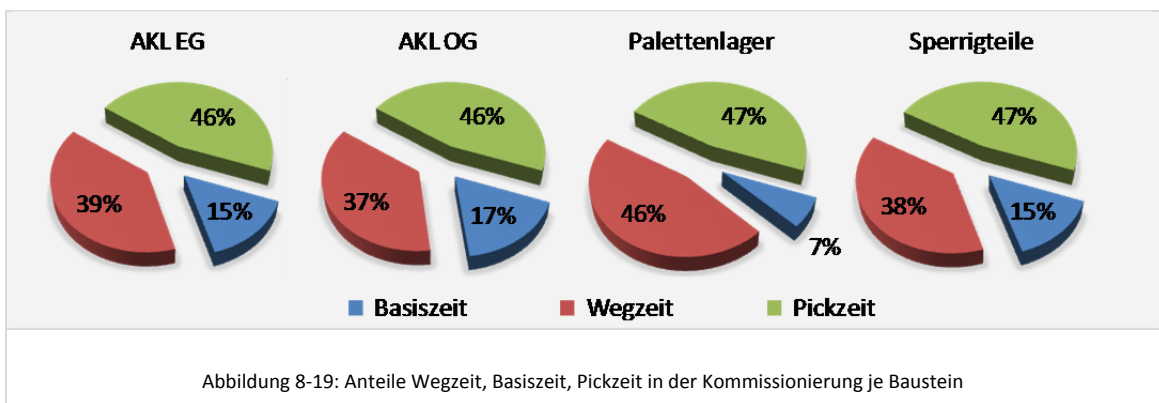
**Generieren Bearbeitungsaufträge und Zeitenberechnung (vgl. Kapitel 6.6.5 bis 6.6.7)**

Aus den generierten Serien ergeben sich die Bearbeitungsaufträge in den Bausteinen und Zonen. Im Rahmen des Preprocessings können in der hier betrachteten Variante bereits alle Kommissionieraufwände vorberechnet werden, da an keiner Stelle eine dynamische Serienbildung erfolgt und somit die Serienzusammensetzung vorab bekannt ist. Nach der Berechnung der Kommissionieraufwände können dem Planer als zusätzliche Informationen die durchschnittliche Kommissionierleistung in Stück pro Mitarbeiter und Stunde oder Positionen pro Mitarbeiter und Stunde für das Gesamtmodell, einen Bereich, Baustein oder eine Zone angegeben werden. In Variante V1 ergeben sich am Spitzentag in Periode 0 und 1 die in folgendem Diagramm dargestellten Leistungen:



Die ermittelten Pickleistungen entsprechen den üblichen Werten für eine manuelle Kommissionierung unter den hier gegebenen Rahmenbedingungen. Man erkennt einen Rückgang der Kommissionierleistung von Periode 0 zu Periode 1. Dies ist zurückzuführen auf den prognostizierten Rückgang der Positionen pro Auftrag um 14%. Es resultiert ein Anstieg der anteiligen Basiszeiten und Wegzeiten je Lieferauftragsposition und somit ein Rückgang der Kommissionierleistung in Periode 1.

Nach der erfolgten Zeitenberechnung kann des Weiteren auf Basis der in der ACCESS-Datenbank hinterlegten Werte bereits eine Analyse der Basis-, Weg- und Pickzeitanteile in der Kommissionierung erfolgen (vgl. Abbildung 8-19):



Über die je Baustein ermittelten Wegzeitanteile kann beispielsweise bewertet werden, ob das Layout der Bereitstelllager sinnvoll dimensioniert wurde und ob das gewählte Kommissionierverfahren für den Sortimentsbereich passend ist. Die Wegzeitanteile übersteigen hier in keinem der vorgeschalteten Bausteine 50% und liegen damit – nicht zuletzt auch aufgrund der modellierten Zusammenfassung von Aufträgen zu Serien, das sogenannte MultiOrderPicking – in einem vergleichsweise guten Bereich.

Der in Abbildung 8-19 auffällige, nahezu identische Pickzeit-Anteil in allen Bausteinen ergibt sich, abgesehen von den Parallelen in den beiden AKL-Bereichen, rein zufällig. Im Palettenlager und Sperrigteile-Lager sind höhere Pickzeiten bei gleichzeitig längeren mittleren Wegen je Lieferauftragsposition ausschlaggebend.

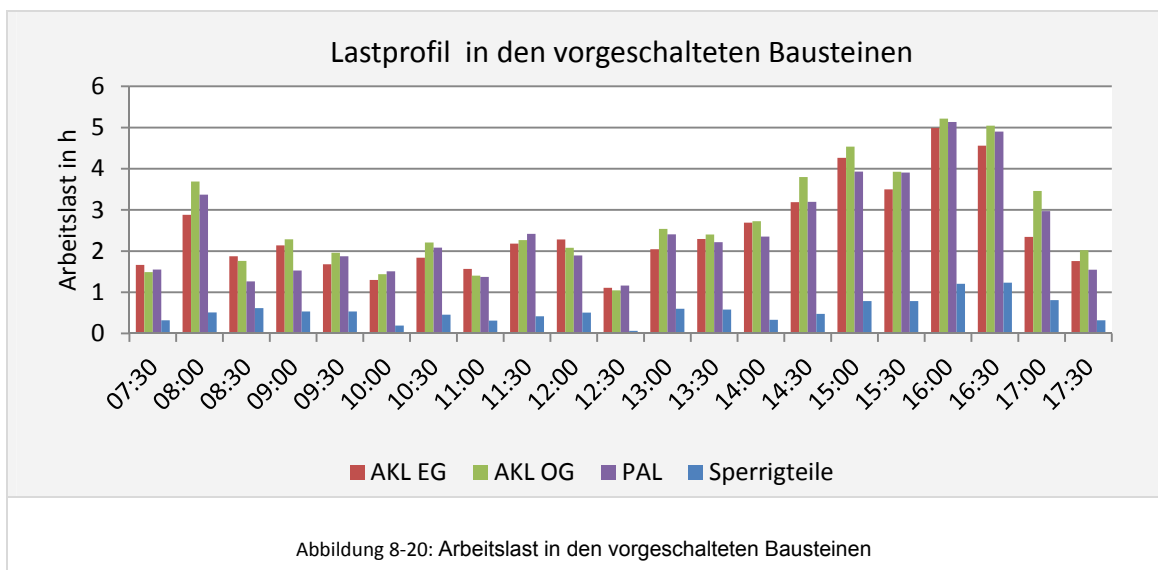
#### 8.4.2.4 Dimensionierung Ressourcen (vgl. Kapitel 6.7)

Die Planungsvariante setzt aufgrund des ausgeprägten Tagesprofils im Auftragseingang bewusst auf eine flexible Skalierbarkeit des Personaleinsatzes. So kann in allen Kommissionier-Bausteinen des Modells und deren Zonen die Anzahl Kommissionierer und damit die Kommissionierleistung je nach Bedarf und Tageszeit skaliert werden.

#### **Ressourcen-Dimensionierung für die vorgeschalteten Bereiche und Bausteine**

Entsprechend dem in Abbildung 6-22 vorgestellten mehrstufigen Vorgehensmodell zur Ressourcen-Dimensionierung wird zunächst eine optimale Ressourcendimensionierung für die vorgeschalteten Bereiche und Bausteine hergestellt. Vorgeschaltet sind hier die vier modellierten Bereiche im Topologiebereich der ersten Kommissionierstufe.

Zu diesem Zweck wurden aus den in der ACCESS-Datenbank hinterlegten Bearbeitungszeiten der Serien Lastprofile für die Bausteine ermittelt. Das Lastprofil repräsentiert den entsprechend den Freigabezeitpunkten im Tagesverlauf entstehenden Bearbeitungsaufwand in der Kommissionierung in Stunden. Dieses Lastprofil wird im folgenden Diagramm jeweils für Zeitfenster von einer halben Stunde gruppiert dargestellt:



Man erkennt in dieser Darstellung beispielsweise, dass in den Bausteinen AKL EG, AKL OG und PAL zwischen 13:00 Uhr und 13:30 Uhr Bearbeitungsaufträge mit jeweils

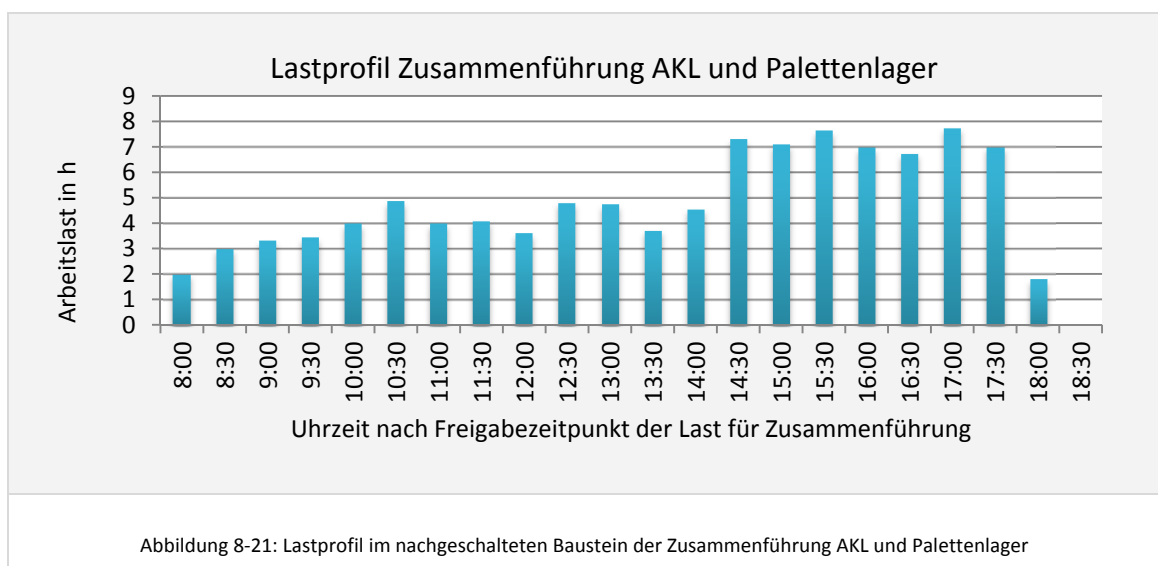
insgesamt gut zwei Stunden Bearbeitungszeit eingelastet werden. Diese Last würde also rein rechnerisch mit vier Mitarbeitern bewältigt werden können.

Mittels des in Kapitel 6.7.2 bereits vorgestellten Excel-Tools werden die benötigten Ressourcen je Baustein auf Basis dieses Lastprofils modelliert. Für den Spitzentag in Variante V1 und Periode 1 wurden daraus abgeleitet insgesamt 34 Kommissionierer mit Zuordnung zu den Zonen der vorgeschalteten Bausteine modelliert. Im vorliegenden Anwendungsfall wird davon ausgegangen, dass dem Unternehmen ausreichend flexibel einzusetzenden Teilzeitkräfte zur Verfügung stehen. Von den 34 modellierten Kommissionierern sind daher 18 als Vollzeitkräfte mit 7,5 Stunden Arbeitszeit pro Tag und 16 Weitere als Teilzeitkräfte festgelegt, welche insbesondere in den Nachmittags-Stunden die Lastspitzen abfangen.

### **Ressourcendimensionierung für nachgeschaltete Bereiche und Bausteine**

Da in Variante V1 keine Bausteine im Topologiebereich der Zukommissionierung modelliert wurden, befinden sich die einzigen nachgeschalteten Bereiche und Bausteine des Modells im Topologiebereich der Zusammenführung und Verpackung. Entsprechend dem Vorgehensmodell (Punkt 4) ist eine Pre-Simulation nur zur Ermittlung des Lastprofils in diesen beiden Bereichen notwendig.

Folgende Abbildung zeigt am Beispiel der **Zusammenführung der beiden AKL-Bereiche und des Palettenlager-Bereiches** das aus den Ergebnissen der Pre-Simulation gewonnenen Lastprofil:



Man erkennt, wie sich das Lastprofil aus den vorgeschalteten Bausteinen mit zeitlicher Verzögerung im nachgeschalteten Bereich der Zusammenführung wiederfindet. Auf Basis dieses Lastprofils und unter Verwendung des bereits beschriebenen Excel-Tools erfolgte die Ressourcendimensionierung. Es wurden entsprechend den in der Tooldarstellung erkennbaren Daten folgende Mitarbeiter im Baustein **Zusammenführung AKL und Palettenware** modelliert:

- 11 Vollzeit-Mitarbeiter und 10 Teilzeitmitarbeiter.